



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office

출 원 번 호 : 특허출원 2004년 제 0020485 호
Application Number 10-2004-0020485

출 원 일 자 : 2004년 03월 25일
Date of Application MAR 25, 2004

출 원 인 : 학교법인 포항공과대학교
Applicant(s) POSTECH FOUNDATION

2005 년 06 월 09 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2004.03.25
【발명의 국문명칭】	광양자테 레이저의 다파장 발진특성을 이용한 저전력 디스플레이 소자
【발명의 영문명칭】	DISPLAY DEVICE BY USING PHOTONIC QUANTUM RING LASER
【출원인】	
【명칭】	학교법인 포항공과대학교
【출원인코드】	2-1999-900096-8
【대리인】	
【성명】	장성구
【대리인코드】	9-1998-000514-8
【포괄위임등록번호】	2000-016240-3
【대리인】	
【성명】	김원준
【대리인코드】	9-1998-000104-8
【포괄위임등록번호】	2000-016243-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	권오대
【성명의 영문표기】	KWON,O'Dae
【주민등록번호】	460415-1025439
【우편번호】	790-751
【주소】	경상북도 포항시 남구 지곡동 756 교수아파트 A-904
【국적】	KR
【발명자】	

【성명의 국문표기】 배중우
【성명의 영문표기】 BAE, Joongwoo
【주민등록번호】 640521-1796017
【우편번호】 320-754
【주소】 충청남도 계룡시 남선면 남선리 군인아파트 139-104
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 안성재
【성명의 영문표기】 AN, Sung-Jae
【주민등록번호】 760303-1812410
【우편번호】 611-814
【주소】 부산광역시 연제구 연산1동 331-2번지
【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김동권
【성명의 영문표기】 KIM, Dongkwon
【주민등록번호】 760906-1237421
【우편번호】 134-822
【주소】 서울특별시 강동구 둔촌2동 484-15호
【국적】 KR

【심사청구】

청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 장성구 (인) 대리인
 김원준 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 38,000 원

【가산출원료】	0	면	0	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	5	항	269,000	원
【합계】	307,000	원		
【감면사유】	학교			
【감면후 수수료】	153,500	원		

【요약서】

【요약】

본 발명은 광양자테(PQR) 레이저를 이용한 디스플레이 소자에 관한 것으로, 3차원 토로이달 공진기 구조에서 기인한 다파장 발진 특성을 갖는 광양자테 레이저를 적색(R)과 녹색(G) 및 청색(B) 중 어느 하나의 발광 파장대역에서 발진시킴으로써, LED보다 낮은 문턱전류와 수nm~수십nm의 엔벨로프 파장영역에서 다파장 모드를 가지는 PQR 레이저의 다파장 발진특성 및 발진모드간 간격 조절을 통해 색감과 고휘도는 LED처럼 유지되면서도 보다 저전력을 소모하는 디스플레이 소자를 제공하는 이점이 있다.

【대표도】

도 6a

【명세서】

【발명의 명칭】

광양자테 레이저의 다파장 발진특성을 이용한 저전력 디스플레이 소자
{DISPLAY DEVICE BY USING PHOTONIC QUANTUM RING LASER}

【도면의 간단한 설명】

- <1> 도 1은 광양자테(PQR) 레이저의 3차원 토로이달 공진기 구조와 발진시의 CCD 사진,
- <2> 도 2는 PQR 레이저 다파장 발진 스펙트럼과 계산을 통한 파장 분포 분석 그래프,
- <3> 도 3은 토로이달 공진기를 원통좌표로 도식화한 도면,
- <4> 도 4는 GaInN/GaN 청색, GaInN/GaN 녹색 그리고 AlGaInP/GaAs 적색 LED의 일반적인 발광 파장분포도,
- <5> 도 5는 본 발명에 따른 적색 PQR 디스플레이 소자의 발진 스펙트럼,
- <6> 도 6a 및 도 6b는 본 출원인에 의해 선등록된 PQR 레이저 다이오우드의 단면도 및 부분 상세도.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <7> 본 발명은 반도체 레이저를 이용한 디스플레이 소자에 관한 것으로, 더욱 상

세하계는 광양자테(Photonic Quantum Ring; PQR) 레이저의 다파장 발진특성을 이용한 저전력 디스플레이 소자에 관한 것이다.

<8> 디스플레이 분야에서 현재 가장 주목받고 있는 발광 다이오드(Light Emitting Diode; LED)는 우수한 내진동성, 고신뢰성, 저전력 소모 등의 뛰어난 특성이 바탕 되고, 휘도와 방출파장의 다변화 등의 특성개선과 대량생산이 뒷받침되어 모바일 디스플레이의 백라이트 광원, 고속도로 표지판, 공항 표지판, 주식 시세판, 지하철 안내판, 자동차의 내부 발광 장치 등 응용시장이 산업 전반으로 확산되고 있으며, 특히 근래에는 LED를 교통신호등 등에 응용해 에너지 소비를 줄일 목적으로 사용 중이다.

<9> 이러한 LED는 InGaN, GaAsP, InGaAsP 등 사용되는 이득물질에 따른 발광 파장 영역의 확대로 인한 3원색의 발광이 가능하지만 파장을 기준으로 나타낸 인텐시티(intensity) 분포 그래프에서의 반치폭(Full-width half maximum; FWHM)은 일반적으로 수십nm~100nm의 넓은 파장분포를 갖는 단점이 있다.

10> 기본적인 LED 구조에 반사도가 낮은 공진기를 추가해 빛의 직진성, 세기 및 온도 안정성을 개선하거나, 반치폭을 수nm 까지 줄여 전력의 소모를 줄이면서 휘도를 유지하려는 RCLED 연구가 있지만, RCLED는 낮은 Q(Quality factor) 값을 갖는 공진기로 인해 반치폭 측면에서 레이저에 비교할 수 없을 만큼의 큰 값을 갖는 단점이 있다.

11> 따라서, 색감과 고휘도는 LED처럼 유지되면서도 보다 저전력을 소모하는 새로운 저전력 디스플레이 소자에 대한 연구가 필요한 실정이다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

12> 본 발명은 저전력 디스플레이 소자에 대한 연구 개발의 한 결과물로서, 그 목적은 LED보다 낮은 문턱전류와 수nm~수십nm의 엔벨로프(envelope) 파장영역에서 다파장 모드를 가지도록 설계된 PQR 레이저의 다파장 발진특성 및 발진모드간 간격(Inter-mode spacing; IMS) 조절을 통해 색감과 고휘도는 LED처럼 유지되면서도 보다 저전력을 소모하는 새로운 저전력 디스플레이 소자를 제공함으로써, 디스플레이 소자로 응용되는 기존의 수십nm~100nm의 발광 파장 반치폭을 가지는 LED를 대체할 수 있도록 하는 것이다.

13> 이와 같은 목적을 실현하기 위한 본 발명에 따른 PQR 레이저를 이용한 디스플레이 소자는, 3차원 토로이달 공진기 구조에서 기인한 다파장 발진 특성을 갖는 광양자태 레이저를 적색(R)과 녹색(G) 및 청색(B) 중 어느 하나의 발광 파장대역에서 발진시키는 것을 특징으로 한다.

【발명의 구성】

14> 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명하기로 한다. 이 실시예를 통해 본 발명의 목적, 특징 및 이점들을 보다 잘 이해할 수 있게 된다. 본 발명은 그러나 이러한 실시예로 제한되는 것이 아님은 물론이다.

15> 본 발명의 요지는, PQR 레이저의 스펙트럼상의 발진 모드파장 및 발진 모드간 간격을 조절하여 소모전력을 기존의 LED보다 $\frac{FWHM(LED)}{\sum_m FWHM_m(PQR)}$ 만큼 감소시키는 것이다. 즉 PQR 레이저를 이용한 디스플레이 소자는 LED의 넓은 반치폭과 PQR 레이

저의 첨예한 반치폭을 갖는 n개 모드 전체 합의 비율만큼 소모전력이 감소된다.

16> PQR 레이저의 구조는 VCSEL과 유사하나 레이저가 발진하기 시작하는 문턱전류가 VCSEL 레이저보다는 현격히 낮은 $\mu\text{A}\sim\text{nA}$ 특징을 보이며, 발진 스펙트럼상의 특징으로는 3차원 RFP(Rayleigh-Fabry-Perot) WG(whispering gallery) 모드 레이저로 분류된다.

17> 이러한 PQR 레이저의 구조적인 특징은 본 출원인에 의해 선등록된 한국등록특허 제00288612호의 "PQR 레이저 다이오드와 그 어레이 및 제조방법"에 상세히 설명되어 있으며, 도 6a 및 도 6b는 동호에서 발췌한 PQR 레이저의 구조도이다.

18> PQR 레이저는 n-분산형 브랙 반사판(n-type distributed Bragg reflector: n-DBR)(16)과 p-분산형 브랙 반사판(p-DBR)(20) 사이에 다수 개의 양자 우물(quantum well)을 갖는 활성 영역(active region)(18)을 기판(12)위에 에피 성장(epitaxial growth) 시키는 단계와, 건식 에칭법(dry etching)에 의한 원형메사를 생성하는 단계와, 폴리이미드(polyimide) 평탄화를 사용하여 원형메사를 둘러싸는 단계와, 원형 메사 상단에 스트립형(striped) 또는 다중분리형(multi-segmented)의 p 전극(26)을 침착하고, 기판(12) 하단에 하나의 n 전극(10)을 침착하는 단계를 거쳐 형성된다.

19> 기판(12)은 갈륨 아세나이드(GaAs), 인듐 포스파이드(InP) 등과 같은 물질로 이루어지는 데, n+ 도핑되어 다중층이 용이하게 기판 위에 에피성장되도록 한다.

20> n+ GaAs 기판(12)위에 n+ GaAs 버퍼(buffer)층(14)이 침착되고, 두 개의 다른 굴절률을 갖는 다수 개의 층을 교대로 적층하여 n 형 DBR(16)이 형성된다. 다시

말해서, 41겹의 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 로 된 저층(16-L)과 40겹의 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 로 된 고층(16-H)이 교대로 침착되어 n형 DBR(16)이 된다. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 이 다소 낮은 굴절률을 갖고, $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 가 다소 높은 굴절률을 가지므로, 낮은 굴절률을 갖는 저층(16-L)이 활성 영역(18)에 근접하게 되는 것이 바람직하다. n 형 DBR(16)의 각 층은 $\lambda_n/4$ 의 두께를 갖는 데, $\lambda_n = \lambda/n$ 는 VCSEL 모드로 방사된 레이저광의 각 층내에서의 파장으로서, λ 은 레이저광의 자유공간내 파장이고, n은 각 층의 구성물질인 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 와 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 각각의 굴절률이다.

21> n형 DBR층(16) 위에는 활성 영역(18)이 하부 및 상부 AlGaAs 스페이스층 (17)(19) 사이에 끼워져 형성된다. 활성 영역(18)은, 상대적으로 낮은 밴드갭 (bandgap) 에너지를 갖는 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 층(18-L)과 상대적으로 높은 밴드갭 에너지를 갖는 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 층(18-H)이 교대로 4겹으로 적층되는 구조로서, 활성 영역(18)내에 낮은 에너지 대역인 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 층(18-L)으로 된 4 개의 양자우물이 형성된다. 두 개의 AlGaAs 스페이스층(17)(19)과 활성 영역(18)의 전체 두께는 VCSEL모드 레이저 광의 한 파장 λ 에 해당되는 값으로, 두 개의 AlGaAs 스페이스층(17)(19)과 활성 영역(18) 각각의 두께는 각각의 굴절률을 고려하여 결정되어야 한다. 상부 AlGaAs 스페이스층(19) 위에는 두 개의 다른 굴절률을 갖는 물질이 한층 한층씩 교대로 여러 겹으로 쌓여져 실질적으로 높은 굴절률을 갖는 p형 DBR(20)이 형성된다. 다시

말해서, 30겹의 $Al_xGa_{1-x}As$ 로 구성된 저층(20-L)과 30겹의 $Al_yGa_{1-y}As$ 로 된 고층(20-H)이 교대로 침착되어 p형 DBR(20)이 된다. p형 DBR(20)의 각 층은 $\lambda_n/4$ 의 두께를 갖는 것이 바람직하다. p형 DBR(20) 상단에는 p+ GaAs 캡(cap)층(22)이 침착된다.

22> 상기와 같은 구조의 에피를 성장시킨 다음에, 활성 영역(18)과 두 개의 스페이서층(17)(19)의 측면부가 화학적 이온빔 에칭(chemically assisted ion beam etching : CAIBE)과 같은 건식 에칭법에 의해 에칭되어 매끈매끈한 원형 메사가 형성된다. 또한 PQR 레이저의 발진 파장에 따라 위에서 설명된 활성 영역(18)과 p, n형 DBR(16, 20)의 구조 및 물질은 변경될 수 있다.

23> 그런 다음, 에칭된 원형메사는 폴리이미드 평탄화(polyimide planarization) 기법에 의해 피복 영역(24)으로 둘러싸여진다. 피복 영역(24)은 스트립형(striped) 또는 다중분리형(multi-segmented) p 전극을 지지하고, 토로이드형 공동에서 생성된 PQR 모드의 빛을 전송하기 위한 통로를 제공한다.

24> AuGe/Ni/Au으로 된 n전극(10)이 n+ 기판(12) 아래 면에 침착되고, 스트립형 또는 분리형 p전극(26)은 상기 p+ GaAs 캡층(22) 위에 침착된다. 금속인 n형 전극(10) 또는 p형 전극(26)은 급속열처리(rapid thermal annealing) 공정을 수행함으로써 각각 GaAs 기판(12)과 p+ GaAs 캡층(22)에 옴릭접촉(ohmic contact)된다.

25> 상기와 같은 구조로 된 PQR 레이저는 다중 양자 우물(Multi-Quantum-Well, MQW) 활성층 아래위의 DBR층이 광자를 상하로 구속하고, 마이크로디스크 레이저와 같이 디스크의 옆 경계면을 따라 생기는 전반사에 의해 수평방향으로 광자를 구속

함으로써 3차원 RFP 조건의 토로이드(toroid) 공진기형 WG 모드를 형성하며, 토로이드로 정의된 테두리 안에 위치한 MQW 활성면의 캐리어들은 광양자울타리효과(Photonic Quantum Corral Effect, PQCE)에 의하여 양자선(Quantum Wire, QWR)들의 동심원들처럼 재분포하여 전자-홀(electron-hole) 재결합으로 광자를 생성한다.

26> 이와 같은 PQR 레이저는 레이저 광원으로서 다음과 같은 발진 특성과 장점을 가지고 있다.

27> 먼저, 전류 특성을 살펴보면 PQR 레이저는 상기한 설명처럼 3차원 토로이드형 RFP 공진기내에서 MQW 원판의 가장자리를 따라 레일레이(Rayleigh) 띠가 결정되고 그 속에 일정량의 QWR 동심원들이 재결합 과정을 유도하면서, PQR의 문턱이 $\mu\text{A} \sim \text{nA}$ 급의 초저전류 상태로 구동하므로, 심지어 중앙 부분의 자체천이형 LED 발광을 능가한다. 또한 QWR 특성에 힘입어 출력 파장이 안정적으로 유지될 수 있는 이점도 가지고 있다. 도 1은 3차원 토로이달(toroidal) 공진기의 구조와 직경이 $15\mu\text{m}$ 인 PQR 레이저의 $12\mu\text{A}$ 의 전류 주입 시 레일레이 띠에서 발산하는 PQR 모드와, 12mA 전류주입 시의 중앙에서 발진하는 VCSEL 모드를 각각 보여준다.

28> 다음으로, 파장 특성을 살펴보면 PQR 레이저는 3차원 토로이달 공진기 구조에서 기인한 다파장 발진 특성을 가진다. 직경 $40\mu\text{m}$ 인 소자에 7mA 의 전류를 주입한 경우의 다파장 발진 스펙트럼을 도 2에 나타냈다. PQR 레이저의 이득(gain) 영역에 형성되는 공진기 모드가 845nm 에서 850nm 에 이르는 전체 스펙트럼의 엔벨로프 영역에서 평균 발진모드간 간격(IMS), $\Delta\lambda \sim 0.2\text{nm}/\text{mode}$ 를 가지고 이산적으로 레이저 발진 모드를 형성함을 알 수 있다. 본 발명에 따른 저전력 디스플레이 응용은

이와 같은 파장 분포 특성을 적색(R), 녹색(G), 청색(B)에 해당되는 파장 영역에서 발진시킴으로써 가능하다. 부가적으로 청색 PQR에 YAG(yttrium aluminum garnet)를 도포하거나 그 이외의 방법으로 백색 색감을 갖는 PQR 스펙트럼을 얻을 수 있다. 전체 스펙트럼상의 모드파장 넘버, $IMS(\Delta \lambda)$ 는 간단히 소자의 크기에 의존하게 되는데, 이러한 파장 특성은 오프-노말 패브리-페롯(off-normal Fabry-Perot) 공진과 WG 공진의 경계조건을 3차원 토로이달 마이크로 공진기에 적용함으로써 분석이 가능하다. 도 3은 원통좌표계로 도식화한 반지름 R, 두께 d의 3차원 토로이달 공진기를 나타낸다.

29> 한편, 원통형 공진기에서 존재할 수 있는 광파(light wave)의 일반적인 형태를 다음과 같이 수학식 1로 구성할 수 있다.

【수학식 1】

$$\Psi_m(r, \phi, z) \propto J_m(k_r r) \exp(\pm im\phi) \exp(\pm ik_z z)$$

31> 여기서, m은 정수(= 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 , ...)를 의미하고, J_m 은 m차 베셀(Bessel) 함수이며, k_z 와 $k_t(=k_r \phi)$ 는 각각 공진기 내에서 파수벡터(wave vector)의 세로방향(longitudinal) 및 가로방향(transverse) 성분을 나타낸다.

32> 수학식 1에 3차원 토로이달 마이크로 공진기의 경계조건을 적용하면 PQR 레이저의 발진모드를 구할 수 있다. 도 3에서 보는 것과 같이 임의의 진행파가 공진기 두께 d가 한 파장($1-\lambda$)인 상하 반사면에 θ_{in} 의 각도로 입사하여 투과/반사의 과정을 거치면서 진행할 경우 세로 및 가로 방향의 파수벡터 성분들은 다음의 수학

식 2와 수학식 3과 같이 정의된다.

【수학식 2】

$$k_z = k \cos \theta_{in}$$

【수학식 3】

$$k_t = k \sin \theta_{in}$$

35>

여기서, 자유공간에의 파장을 λ 이라 하고, 공진기 내에서 주어진 파장에 대한 굴절률이 n 일 경우 공진기 내의 파동정수는 $k=(2\pi/\lambda)n$ 이다. 또한 입사각 θ_{in} 의 광파가 공기 층으로 방출될 때의 각도 θ 와는 $\sin\theta=n\sin\theta_{in}$ 의 관계에 있으며, λ_0 가 세로방향(z -방향)을 통해 자유공간으로 방출하는 빛의 파장이고 n_0 를 λ_0 에 대한 굴절률이라 할 때 $k_z=(2\pi/\lambda_0)n_0$ 로 표현된다는 점을 고려하여 수학식 2에 각각 대입, 그리고 반지름이 R 인 디스크는 $R=r$ 인 지점에서 베셀 함수 $J_m(k_t r)=0$ 이라 가정 후 WG 공진 모드의 경계조건인 x_m^1 을 m 차 베셀 함수의 첫 번째 근이라 할 때, $k_t R=x_m^1$ 의 관계를 적용하면, 양자화된(quantized) 방출파장(모드)을 수학식 4와 같이 구할 수 있다.

【수학식 4】

$$\lambda_m = \lambda_0 \frac{n_m}{n_0} \left[1 + \left(\frac{x_m^1 \lambda_0}{2\pi R n_0} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

37> 그리고, 이로부터 IMS, $|\lambda_{m+1}-\lambda_m|$ 은 다음의 수학식 5를 통해 간단히 구할 수 있다.

【수학식 5】

$$\Delta\lambda_m \approx \frac{n_0}{(a\lambda_0 - n_0)} \frac{\lambda_0^3 \Delta x_m^1}{(2\pi R n_0)^2} x_m^1$$

39> 여기서, Δx_m^1 은 m, m+1차 베셀 함수의 첫 번째 근의 차(-)이고, a는 각각의 모드에 따른 굴절률의 변화에 의존하는 변수지만 상수로 가정하였다. 구체적인 사항은 Joongwoo Bae et al, "Spectrum of three-dimensional photonic quantum-ring microdisk cavities: comparison between theory and experiment", Opt. Lett. Vol 28(20) pp 1861-1863 Oct/2003을 참조 할 수 있다.

40> 수학식 5의 결과는 IMS가 모드차수(m)가 증가하면서 점점 넓어지는 현상을 예측하고 있으며, 소자 반지름(R)의 제곱에 반비례함을 알 수 있다. 직경이 40 μm 인 소자에 7mA의 전류를 주입한 경우를 나타낸 도 2에 위의 수학식 4와 수학식 5를 사용하면, 소자의 실제 측정된 이산적인 파장 분포와 계산으로 얻은 다파장의 발진 위치가 정확히 일치함을 알 수 있다. 단파장 영역으로 갈수록 IMS가 커지지만, 평균 IMS $\sim 0.2\text{nm}/\text{mode}$ 와 각각의 발진 파장에 따라 다른 FWHM_m 을 갖지만 대략

$\text{FWHM}_m \cong \text{FWHM} = 0.4\text{nm}$ 값을 보여준다. 위와 같은 결과는 역으로 PQR 소자의 크기를 조절함에 따라 LED의 반치폭과는 비교할 수 없는 작은 수nm에 펼쳐진 발진 영역에서 이산적인 파장의 분포를 조절하는 것이 가능하며, 이러한 원리는 적절한 색감과

휘도를 유지하면서 발진되는 모드 수를 통제해 소모되는 전력의 양을 줄일 수 있음을 의미한다.

41> 현재 상용화되고 있는 고출력(high power) 용도를 제외한 LED는 일반적으로 20mA의 전류주입 기준으로 적색(R), 녹색(G), 청색(B)의 발광 파장대역을 가지는 AlGaAs, InGaAsP, GaP, InGaN 등의 물질을 여기 시키기 위해 대략 2~4V 정도의 전압으로 구동된다. 즉 40~80mW의 구동 전력을 소모하며, 발광 파장은 RGB에 따라 대략 700~400nm의 영역에서 반치폭이 LED의 제작 구조에 따라 작게는 수nm에서 100nm정도로 넓은 파장 분포를 가진다. 도 4에 GaInN/GaN 파랑, GaInN/GaN 녹색 그리고 AlGaInP/GaAs 적색 LED의 일반적인 발광 파장분포를 나타냈으며, 전체 스펙트럼 분포영역은 150nm이며, 반치폭은 ~25nm로 PQR에 비교해 크기는 약 30배(5nm×30=150nm) 가량의 넓은 파장 분포를 가진다(after Toyota Gosei Corp., 2000). 위의 설명과 함께 LED와 PQR 레이저에서 발산되는 전체 빛의 세기 비를 $\frac{I(LED)}{I(PQR)}$ 로 하면, LED와 PQR에서 소모되는 전력의 비는 수학적 식 6과 같다.

【수학적 식 6】

$$\frac{I(LED)}{I(PQR)} \times \frac{FWHM(LED)}{\sum_m FWHM_m(PQR)} \cong \frac{I(LED)}{I(PQR)} \times \frac{FWHM(LED)}{n \times FWHM(PQR)} = \frac{I(LED)}{I(PQR)} \times \frac{25nm}{n \times 0.4nm}$$

43> 여기서, PQR 레이저의 전체 수nm의 엔벨로프 안에 들어가는 발진 모드의 개수 n이 PQR 레이저의 반지름(R)에 의존함은 상술하였다. n의 값은 PQR의 엔벨로프의 반치폭에 들어가는 이산적인 모드의 개수로 도 2를 참조하면 n의 값은 7이다.

만일 $\frac{I(LED)}{I(PQR)}$ 의 값을 1로 가정하면, LED 대비 9배의 전력 이득을 얻을 수 있다. 이러한 이득은 반지름이 작아 질수록 증가한다. 이는 LED와 동일한 색광을 발산하기 위해 PQR에서 필요한 전력이 더 적다는 것을 의미하며, 공진기를 사용해 반치폭을 \sim 수nm 줄인 RCLED도 이산적으로 발진하는 PQR 레이저의 경우보다 전력소모가 더 많다. 단일 PQR 레이저는 소자의 크기에 의존한 DBR의 직렬저항에 기인하여 증가된 저항값을 갖지만, 문턱전류가 μ A인 극소전류에서 발진하므로 LED 보다 큰 저항에서 오는 전력 소모를 충분히 보상할 수 있다.

14> 도 5는 직경 $15\mu\text{m}$ 인 적색 PQR 레이저에 $300\mu\text{A}$ 의 전류를 주입한 경우의 발진 스펙트럼으로, 35nm 반치폭의 전체 엔벨로프와 그 영역 내에서 발진하는 3nm 의 FWHM_m 값을 갖는 2개의 압도적인 모드를 보여준다.

15> 상기에서는 본 발명의 일 실시예에 국한하여 설명하였으나 본 발명의 기술이 당업자에 의하여 용이하게 변형 실시될 가능성이 자명하다. 이러한 변형된 실시예들은 본 발명의 특허청구범위에 기재된 기술사상에 포함된다고 하여야 할 것이다.

【발명의 효과】

16> 전술한 바와 같이 본 발명에 따른 PQR 레이저를 이용한 디스플레이 소자는 LED보다 낮은 문턱전류와 수nm \sim 수십nm의 엔벨로프 파장영역에서 다파장 모드를 가지도록 설계된 PQR 레이저의 다파장 발진특성 및 발진모드간 간격 조절을 통해 색감과 고휘도는 LED처럼 유지되면서도 보다 저전력을 소모한다.

17> 따라서, 디스플레이 소자로 응용되는 기존의 수십nm \sim 100nm의 발광 파장 반

치폭을 가지는 LED를 대체 할 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

적색(R), 녹색(G), 청색(B), 백색(W) 중 어느 하나의 광원에 해당하는 색감을 얻기 위해 넓은 반치폭을 갖는 LED보다 전력소모가 절약되는 특징을 갖는 이산적으로 발진하는 임의의 다파장 레이저.

【청구항 2】

3차원 트로이달 공진기 구조에서 기인한 다파장 발진 특성을 갖는 광양자테 레이저를 적색(R)과 녹색(G) 및 청색(B) 중 어느 하나의 발광 파장대역에서 발진시키는 광양자테 레이저를 이용한 디스플레이 소자.

【청구항 3】

제 2 항에 있어서,

상기 청색 발광 파장대역에서 발진하는 광양자테 레이저에 소정 물질을 도포하여 백색 색감을 광양자테 스펙트럼을 얻는 것을 특징으로 하는 광양자테 레이저를 이용한 디스플레이 소자.

【청구항 4】

제 2 항에 있어서,

상기 광양자테 레이저의 발진모드간 간격은 소자의 반지름을 조절하여 임의로 결정되는 것을 특징으로 하는 광양자테 레이저를 이용한 디스플레이 소자.

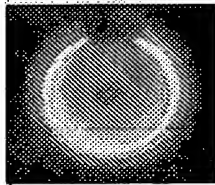
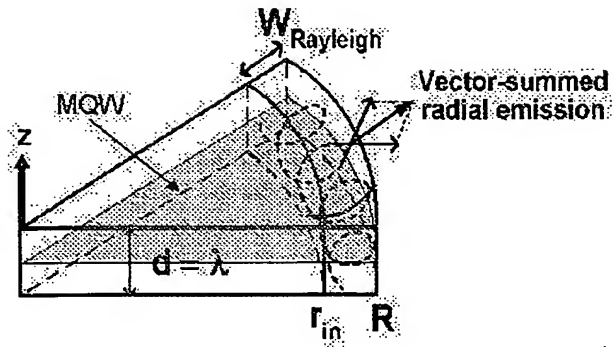
【청구항 5】

제 2 항에 있어서,

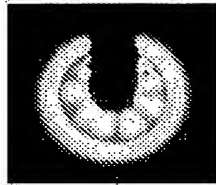
상기 광양자테 레이저의 발진모드간 간격을 통해 전체 엔벨로프 안에서 발진하는 모드 수를 결정하여 소모전력을 통제하는 것을 특징으로 하는 광양자테 레이저를 이용한 디스플레이 소자.

【도면】

【도 1】

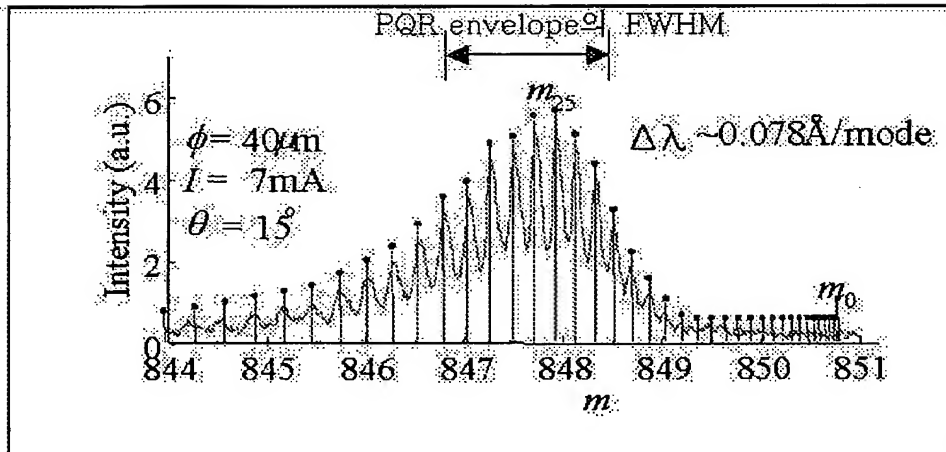


12 μ A

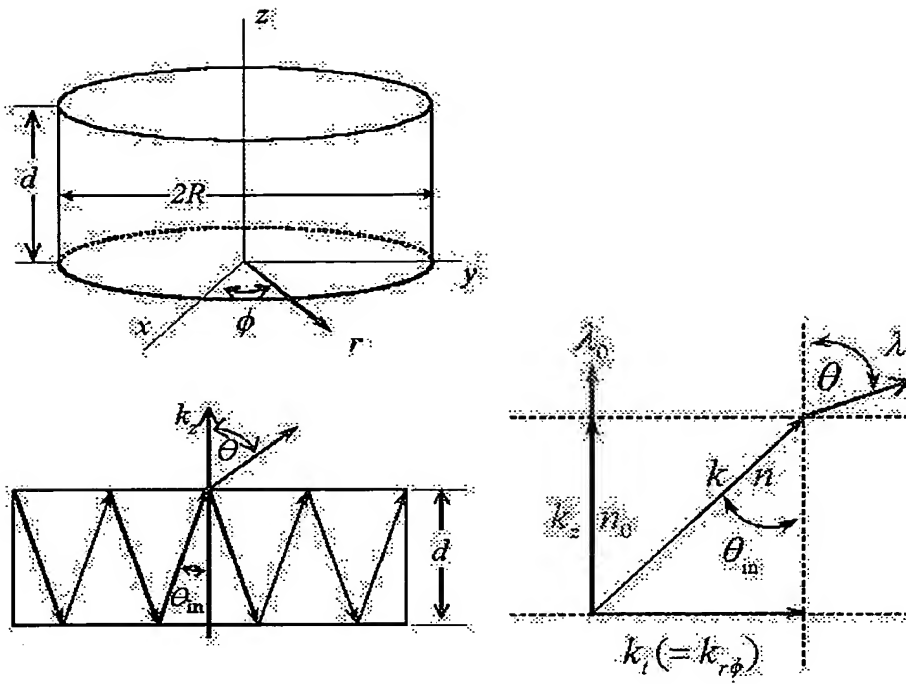


12.2 mA

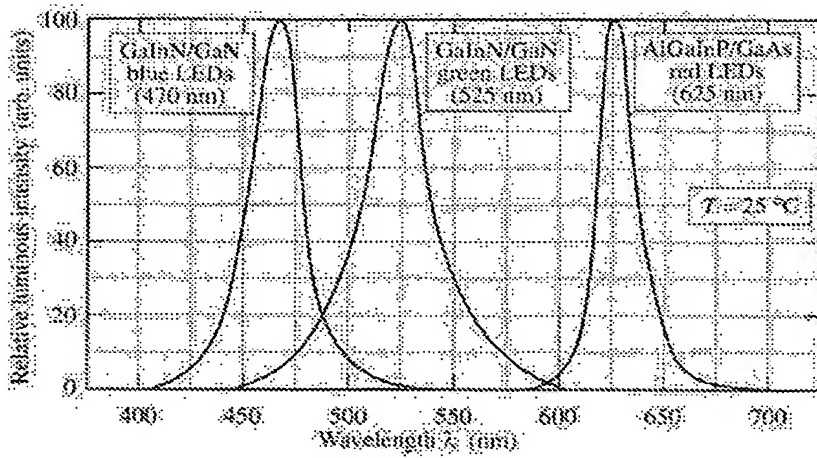
【도 2】



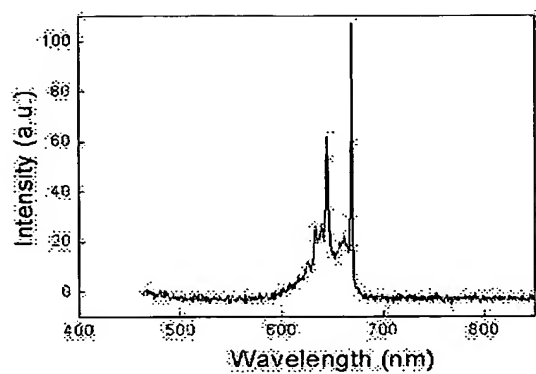
【㉓ 3】



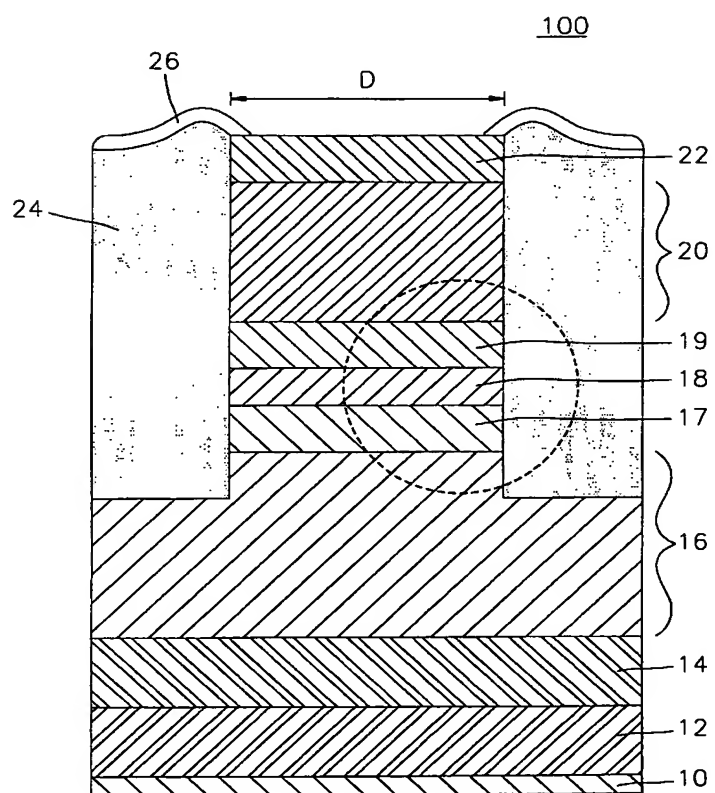
【㉓ 4】



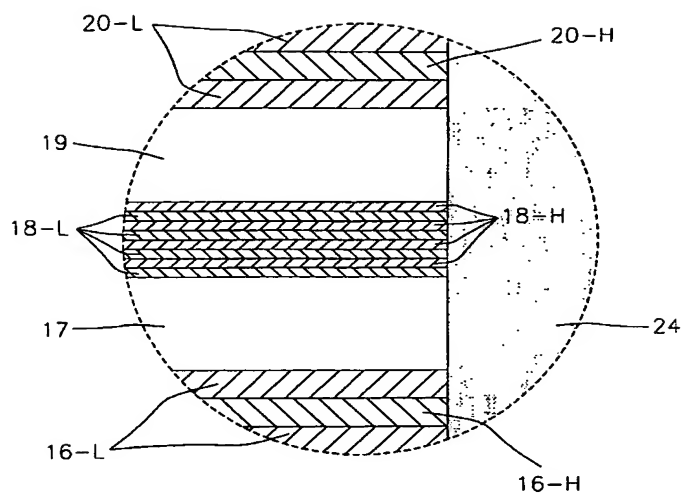
【도 5】



【도 6a】



【도 6b】



Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR05/000847

International filing date: 23 March 2005 (23.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR
Number: 10-2004-0020485
Filing date: 25 March 2004 (25.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 30 June 2005 (30.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse